

# SenCast : Copernicus Satellitendaten auf Knopfdruck

Autor(en): **Odermatt, Daniel / Sturm, Joan Tracy / Damm, Alexander**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =  
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =  
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio**

Band (Jahr): **118 (2020)**

Heft 9

PDF erstellt am: **02.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-905957>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# SenCast: Copernicus Satellitendaten auf Knopfdruck

Das Europäische Copernicus Programm hat das operationelle Potenzial der satellitenbasierten Umweltbeobachtung massiv vergrößert. Neben der Verfügbarkeit von Daten verbessert sich auch der Zugang zu Hilfsmitteln für deren Auswertung rasant. Dazu gehören sowohl dezentrale oder Grossrechnerinfrastrukturen als auch diverse Open Source Softwarepakete. *SenCast* ist ein neues Python Paket, das diese Elemente in modularen Arbeitsabläufen für die optische Fernerkundung kombiniert. Dieser Artikel gibt einen Überblick über den Aufbau und die Funktionalität von *SenCast*, und er beschreibt Anwendungsbeispiele für die Untersuchung von aquatischen und terrestrischen Ökosystemen mit Sentinel-2 und Sentinel-3 Daten. *SenCast* ist frei verfügbar unter <https://gitlab.com/eawag-rs/sencast>.

*Le programme européen Copernicus a massivement augmenté le potentiel opérationnel de l'observation spatiale satellitaire. A part la disponibilité de données l'accès aux moyens permettant leur évaluation s'améliore de façon fulgurante. En font partie des infrastructures décentralisées de grands ordinateurs ainsi qu'également des paquets de logiciels Open Source. SenCast est un nouveau paquet python qui combine ces éléments avec des processus de travail modulaires pour la télédétection optique. Cet article donne un aperçu de l'agencement et la fonctionnalité de SenCast et décrit des exemples d'applications pour l'examen de systèmes écologiques aquatiques et terrestres avec des données Sentinel-2 et Sentinel-3. SenCast est librement disponible sous <https://gitlab.com/eawag-rs/sencast>.*

Il programma europeo Copernicus ha fortemente incrementato il suo potenziale operativo del monitoraggio ambientale via satellite. Oltre alla disponibilità dei dati è anche stato migliorato e velocizzato l'accesso agli strumenti per la valutazione degli stessi che includono sia le infrastrutture informatiche decentralizzate o i mainframe sia vari pacchetti software open source. *SenCast* è un nuovo pacchetto Python che combina questi elementi in flussi di lavoro modulari per il telerilevamento ottico. Quest'articolo fornisce una panoramica della struttura e delle funzionalità di *SenCast* e descrive esempi di applicazioni per l'investigazione degli ecosistemi acquatici e terrestri con dati Sentinel-2 e Sentinel-3. *SenCast* è disponibile gratuitamente su <https://gitlab.com/eawag-rs/sencast>.

D. Odermatt, J. Runnalls, J. Sturm,  
A. Damm

## 1. Einleitung

Die Sentinel-Satelliten des Europäischen Copernicus Programms liefern seit 2014 standardisierte Daten für die Umweltbeobachtung. Der Zugang zu diesen Daten ist grundsätzlich offen und kostenfrei. Somit profitieren neben der Dienstleis-

tungskomponente der Europäischen Union (EU) auch viele andere Nutzer von einer einzigartigen Datengrundlage für die Gewinnung von operationellen Umweltinformationen. Der Zugriff auf die Satellitendaten erfolgt über konventionelle Archive der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) und EUMETSAT, über die fünf von der EU initiierten *Data and Information Access Services* (DIAS) oder über Drittanbieter. Verschiedene Länder betreiben zudem sogenannte *Collaborative*

*Ground Segments*, während die Schweiz bisher keine nationale Strategie für die Nutzung von Sentinel Satellitendaten definiert hat.

Das Open Source Softwarepaket *SenCast* (<https://gitlab.com/eawag-rs/sencast>) wurde an der Eawag entwickelt. *SenCast* ermöglicht die automatische Verarbeitung von Daten der Sentinel-2 und Sentinel-3 Satelliten, die alle fünf Tage respektive täglich die ganze Welt aufnehmen. *SenCast* ist in Python implementiert und baut hauptsächlich auf der *Sentinel Application Platform* (SNAP, <https://step.esa.int>) auf, einer Open Source Toolbox der ESA. Abgesehen von einem optionalen, externen Operator zur Atmosphärenkorrektur über Wasser ist *SenCast* betriebssystemunabhängig. Auf Desktop-Rechnern, in DIAS Cloud-Plattformen oder anderen Servern installiert, kann *SenCast* entweder für Daten von vergangenen Zeiträumen ausgeführt werden oder automatisch neue Satellitendaten aus Archiven der ESA, EUMETSAT und verschiedenen DIAS prozessieren. Die dabei vom Nutzer konfigurierten Datenverarbeitungsschritte ermöglichen eine problemspezifische Verarbeitung der eingelesenen Daten zur Extraktion biophysikalischer Parameter.

Sei es die Bestimmung der Wasserqualität in Seen oder von Dürreschäden in Wäldern – Satellitendaten können mit *SenCast* grossflächig, zeitnah, effizient und reproduzierbar ausgewertet werden. Die Eawag untersucht beispielsweise Primärproduktion und sommerliche Kalzitausfällungsereignisse mit Fernerkundung [1]. Mit *SenCast* können die massgebenden Parameter Chlorophyll-a, Secchi-Sichttiefe, Trübung und Partikelgehalt für sämtliche Sentinel-3 Daten bestimmt werden. Die Universität Zürich nutzt *SenCast* zur Untersuchung von Waldschäden im Dürresommer 2018. Blattverfärbungen, Laubabwurf sowie das Absterben von Ästen und ganzen Bäumen wurden fast in der ganzen Schweiz beobachtet [2], weshalb Sentinel-2 bei der Schadenserhebung und spezifischen Ursachenforschung eine wichtige Rolle zukommt.



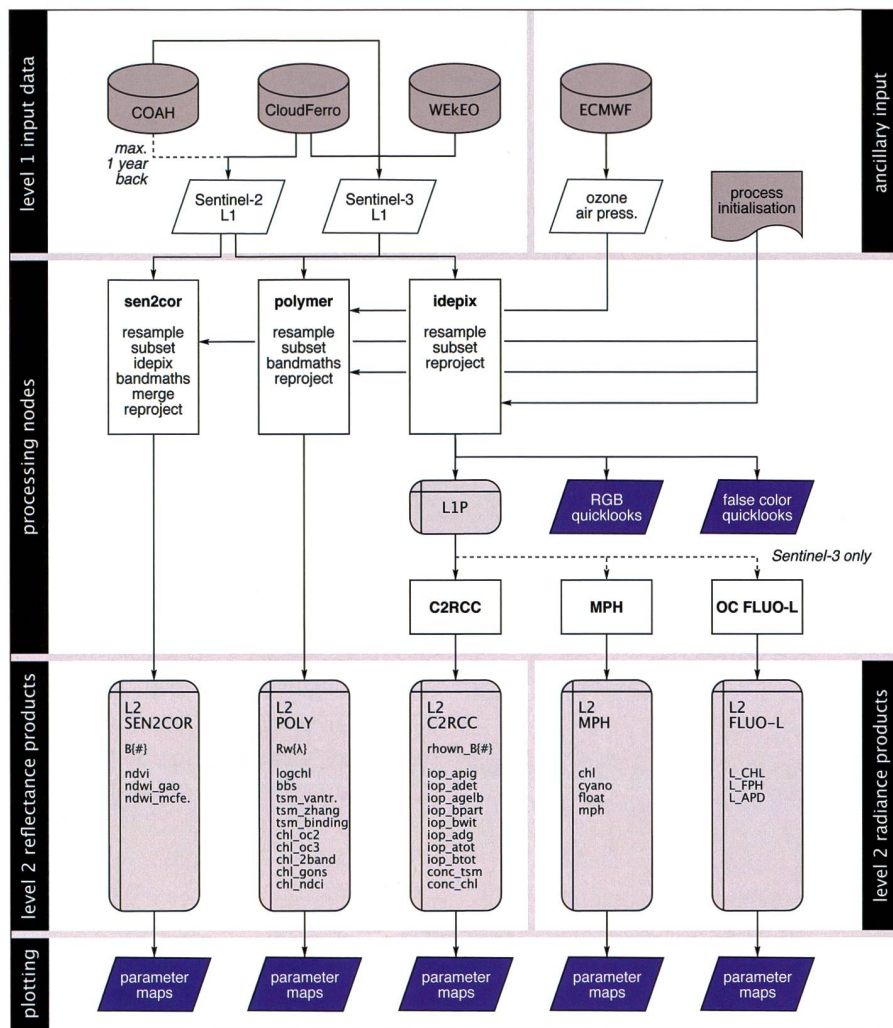


Abb. 1: Prozessdiagramm von *SenCast*. Nummerierte {#} oder nach Wellenlänge benannte {λ} Spektralbänder sind in verkürzter Form wiedergegeben. Sentinel-2 Ausgabeprodukte von *sen2cor* enthalten beispielsweise die Bänder B1, B2 etc., diejenigen von *Polymer* die entsprechenden Bänder Rw443, Rw490 etc.

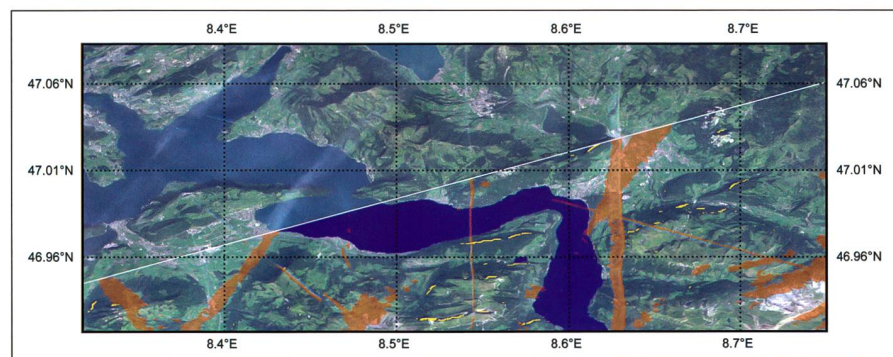


Abb. 2: Ansicht des Sentinel-2A Level 1 Produkts vom Vierwaldstättersee am 15. August 2017. Der von *SenCast* ausgegebenen echtfarben-Bildvorschau wurden in der unteren Bildhälfte manuell die Pixelmasken für Wasser (Maske IDEPIX\_WATER, 50 % transparentes Blau), Schlagschatten (IDEPIX\_MOUNTAIN\_SHADOW, opakes Gelb) und Schleierbew lkung (IDEPIX\_CIRRUS\_SURE, 50 % transparentes Rot)  berlagert.

## 2. Methoden

*SenCast* wird mit einer Textdatei konfiguriert, die den geographischen Perimeter, den Untersuchungszeitraum und die gewünschte räumliche Auflösung der Ausgabedaten festlegt (Abb. 1). Zudem wird während der Konfiguration die Datengrundlage (Sentinel-2 oder Sentinel-3) und eine Auswahl anzuwendender Operatoren getroffen sowie die Eigenschaften gültiger Bildpixel mittels eines logischen Ausdrucks festgelegt. Für SNAP Operatoren erzeugt *SenCast* XML Dateien, die mit dem in SNAP enthaltenen *graph processing tool* ausgeführt werden. Dies betrifft insbesondere generische Bildverarbeitungsschritte, die die räumliche Auflösung, den Perimeter, die Organisation von Rasterdatenebenen, die Projektion und die Bildmaskierung betreffen. Die verschiedenen SNAP Operatoren für Sentinel-2 und Sentinel-3 werden im Hilfemen  der grafischen Bedienoberfläche von SNAP beschrieben.

*Idepix* ist ein SNAP Operator, der eine gegenüber den Ausgangsdaten verbesserte Bildmaskierung ermöglicht. Die Logik der Bildmaskierung hängt grundsätzlich von den anschliessenden Verarbeitungsschritten ab. Die Erkennung von verschiedenen Bew lkungstypen und Kondensstreifen ist aber fast in allen F llen von gr ssster Wichtigkeit. *Idepix* benutzt dafür verschiedene arithmetische Tests und ein neuronales Netzwerk, das eine pixelweise Wolkenwahrscheinlichkeit berechnet. Darauf basierend erzeugt *Idepix* mehrere Masken, die sichere oder mögliche Wolken, Wolkenrandbereiche und Wolkenschatten ausscheiden. Neben Wolken können so auch Kondensstreifen von Flugzeugen erkannt und maskiert werden. Insgesamt erzeugt *Idepix* 19 verschiedene Pixelklassen, die selbst in Datensätzen mit komplizierten Beobachtungseigenschaften eine passende Auswahl nutzbarer Pixel erlauben (Abb. 2). Für die aquatische Fernerkundung stehen wie in Abbildung 1 dargestellt verschiedene Operatoren zur Auswahl. C2RCC und *Polymer* ermöglichen eine vollständige Korrektur atmosphärischer Effekte



für Sentinel-2 und Sentinel-3. Sie geben normalisierte Reflektanzen in verschiedenen Wellenlängen aus, die als *rho<sub>wn</sub>* respektive *R<sub>w</sub>* (für *normalized water-leaving reflectance*) bezeichnet werden. C2RCC nutzt neuronale Netzwerke, die mit Strahlungstransfersimulationen für unterschiedliche Gewässertypen trainiert wurden und eine Reihe weiterer Wasserqualitätsparameter bestimmen [3]. Polymer dient vorrangig der Atmosphärenkorrektur und schätzt die Wasserqualität nur rudimentär [4]. Die Bestimmung von Wasserqualitätsparametern aus den Reflektanzen erfolgt deshalb über weitere, in den Prozessor integrierte Methoden, wie beispielsweise dem semi-analytischen Algorithmus für Schwebstoffkonzentrationen von Binding et al. [5]. Der MPH (*Maximum Peak Height*) Algorithmus schliesslich erfordert die spektrale Auflösung von Sentinel-3. Er kombiniert spektrometrische Tests, um Cyanobakterien in eutrophen Gewässern zu identifizieren [6].

Im aktuellen Ausbaustand stehen für terrestrische Fragestellungen Sentinel-2 Daten und der sen2cor Operator [7] im Vordergrund. sen2cor erlaubt die Kompensation von atmosphärischen Streu- und Absorptionsprozessen in den gemessenen Strahldichtewerten sowie die Berechnung von Reflektanzen. Für die Ableitung zahlreicher Informationen zur Umweltbeobachtung stehen in SenCast unter anderem der NDWI (*Normalized Difference Water Index*) nach Gao [8] zur Verfügung. Der NDWI ist sensitiv auf Baumschäden, beispielsweise den Wasserverlust in Blättern oder das Absterben von Bäumen. Dank der Verwendung von grösseren Wellenlängen im Infrarot ist der NDWI sehr robust gegenüber topographiebedingten Streulichteeffekten. Die von SenCast berechneten NDWI Karten im NetCDF Format liegen in einheitlicher Geometrie vor und können entsprechend einfach weiterverarbeitet werden. Somit ermöglicht SenCast die effiziente Ableitung von Zeitreihen und Differenzkarten, die beispielsweise auf Zustandsunterschiede von Bäumen vor und nach extremen Umweltereignissen wie der Dürre

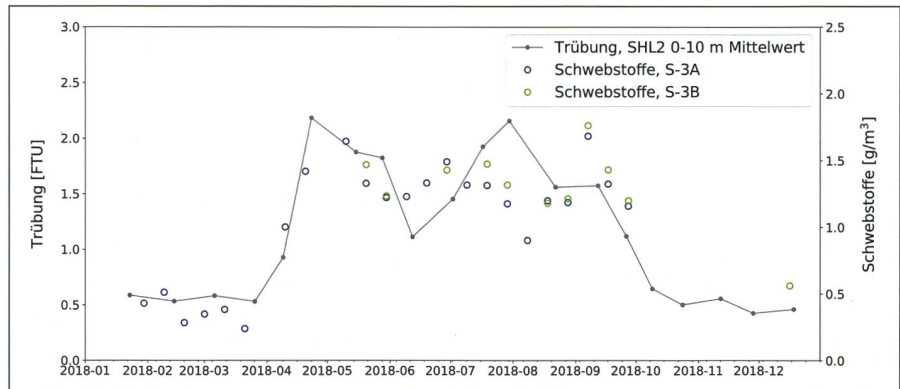


Abb. 3: Vergleich von *in situ* gemessener Trübung und Schwebstoffkonzentrationen von Sentinel-3 im Jahr 2018 für die Station SHL2 in der Mitte des Genfersees. Die Trübungsprofile (CIPEL) wurden über eine Tiefe von 0–10 m gemittelt, die Satellitendaten über 10-Tages-Intervalle. Sentinel-3B wurde am 25. April 2018 gestartet.

2018 hinweisen. In Kombination mit Feldbeobachtungen unterstützen die aus Satellitendaten gewonnenen Informationen zudem die Untersuchung zugrundeliegender Schadmechanismen.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Sentinel-3A und 3B akquirieren zusammen jährlich über 500 Bilder der Schweiz. Nach rigoroser Maskierung von ungeeigneten Pixeln (Abb. 2) bleiben beispielsweise für den Genfersee knapp 100 für die Gewässerfernerkundung nutzbare Beobachtungen, die mit wenigen Stunden Verzögerung ausgewertet werden können. Amtliche Referenzmessungen werden hingegen im besten Fall alle zwei bis vier Wochen vorgenommen und oft mit mehr als einem Jahr Verzögerung verfügbar gemacht. Eine statistisch tragfähige Validierung mit zufällig zeitgleichen Messungen ist deshalb für den Genfersee noch nicht möglich. Stattdessen vergleichen wir den saisonalen Verlauf von Wasserqualitätsparametern aus Beprobung und Fernerkundung, soweit es deren unterschiedliche Eigenschaften zulassen.

Die Trübung ist ein gängiger und kostengünstiger Indikator für die Wasserqualität in Oberflächengewässern. Ihre Messung mit Nephelometern entsprechend DIN 7027-1 basiert direkt auf der seitwärts

gerichteten Partikelstreuung bei Wellenlängen zwischen 780–900 nm. Entsprechend lässt sich die Trübung mittels optischer Fernerkundung in entsprechenden Spektralbändern gut bestimmen. Mit dem 754 nm Band von Sentinel-3 bestimmte Schwebstoffkonzentrationen [5] stimmen im Genfersee beispielsweise gut mit oberflächennah gemittelten Trübungsmessungen überein (Abb. 3), obwohl Letztere ausserhalb der winterlichen Klarwasserphase oft ausgeprägte vertikale Gradienten aufweisen. Für den vorliegenden Vergleich wurden die kollozierten Ausgabeprodukte als 10-Tages-Aggregate gemittelt, in denen nur gültige Pixel berücksichtigt werden, die räumlich von acht gültigen Pixeln umgeben sind. Dieses Verfahren reduziert das Sensorrauschen angesichts der relativ geringen Trübung vieler Schweizer Seen.

Die räumlichen und zeitlichen Muster von Baumschäden in Schweizer Wäldern nach extremen Umweltereignissen lassen sich mittels berechneter NDWI Differenzkarten aus Sentinel-2 Daten gut erkennen. So zeigen unsere Analysen Gebiete mit dürrebedingt geschwächten Wäldern, welche in 2018 im Vergleich zu 2017 wesentlich tiefere NDWI Werte aufweisen. Andererseits können Gebiete identifiziert werden, in denen sich der Wald 2019 wieder erholt hat, oder langfristige Schäden bestehen. Abbildung 4 zeigt beispielhaft beide Entwicklungen



auf engstem Raum. Die Südostflanke des Gasterholz bei Maseltrangen (Detailaufnahmen in Abb. 4) wies 2018 bereits im Sommer verfärbte Blätter auf. Die im Differenzbild blau eingefärbte Region entspricht diesen geschädigten Bäumen, die sich 2019 bereits wieder erholt haben. Hellrot eingefärbte Flächen zeigen Bäume mit anhaltender Schädigung. Die beiden grossräumig tiefrot eingefärbten Regionen markieren Baumschäden, die durch komplexe Wirkmechanismen verursacht wurden. Die betroffenen Bäume wurden vom Sturm Burglind vorgeschädigt, durch die anschliessende Dürre und teilweisen Borkenkäferbefall weiter geschwächt und fielen letztendlich Ende Oktober 2018 dem Sturm Vaia zum Opfer. Nach einer ersten Abschätzung wurden schweizweit von 2017 bis 2019 Waldflächen im unteren einstelligen Prozentbereich stark geschädigt (Reduktion des NDWI Wertes von mehr als 10 %). Wälder im Schweizer Mittelland sind im Vergleich zur gesamten Landesfläche etwas weniger betroffen. Im Jura, der am stärksten betroffenen Region, wurden Waldflächen im mittleren einstelligen Prozentbereich stark geschädigt. In einer aktuell laufen-

den Studie werden diese ersten Abschätzungen konsolidiert und zugrundeliegende Schadmechanismen sowie deren räumliche Verteilung untersucht.

## 4. Fazit und Ausblick

*SenCast* ist ein sehr vielseitig einsetzbares Softwarepaket, das auf unterschiedlichen Rechnersystemen und für verschiedene Anwendungen erprobt wurde. Es baut gänzlich auf Open Source Software auf. Die Konfiguration von Prozessen kann von erfahrenen Computernutzern ohne Programmierkenntnisse vorgenommen werden. Die Installation und Erweiterung mit nutzerspezifischen Methoden erfordert zusätzliche Vorkenntnisse von Python und SNAP oder XML.

Weitere Funktionalitäten, beispielsweise zur Bestimmung der Primärproduktion von Phytoplankton, befinden sich in Entwicklung. Dabei können wir zunehmend auch auf dezidierte Infrastruktur am Boden zählen, darunter eine einzigartige Forschungsplattform im Genfersee (<https://lexplore.info/>), auf der automatisch optische Referenzgrössen für die Gewässerfernerkundung gemessen

werden. Mit *SenCast* generierte Produkte werden zukünftig in einem neuen Informationsportal zum Zustand der Schweizer Gewässer zugänglich gemacht (<https://www.datalakes-eawag.ch>).

## Danksagung

Dieser Artikel und die Fertigstellung von *SenCast* wurden vom Bundesamt für Umwelt finanziert, im Rahmen des Projekts «Primärproduktion der Seen unter Oligotrophierung: Verfahren zur Erhebung des Produktionsstatus basierend auf Routineuntersuchungen und öffentlich zugänglichen Daten (Trophie Status)». Die Entwicklung von *SenCast* wurde zudem durch das Bundesamt für Zivildienst und das Limnologie Zentrum der EPFL unterstützt und ist der tatkräftigen Mitarbeit von Vincent Nouchi und Rolf Scheuner zu verdanken.

Alle Sentinel-Satellitendaten werden von der ESA bereitgestellt. Zur Visualisierung wurde ein Höhenmodell basierend auf SRTM Daten der NASA genutzt. Wir danken INRAE Thonon-les-Bains und der Internationalen Kommission zum Schutz des Genfersees (CIPEL) für IS OLA Daten, <https://doi.org/10.15454/VBWWYG>.

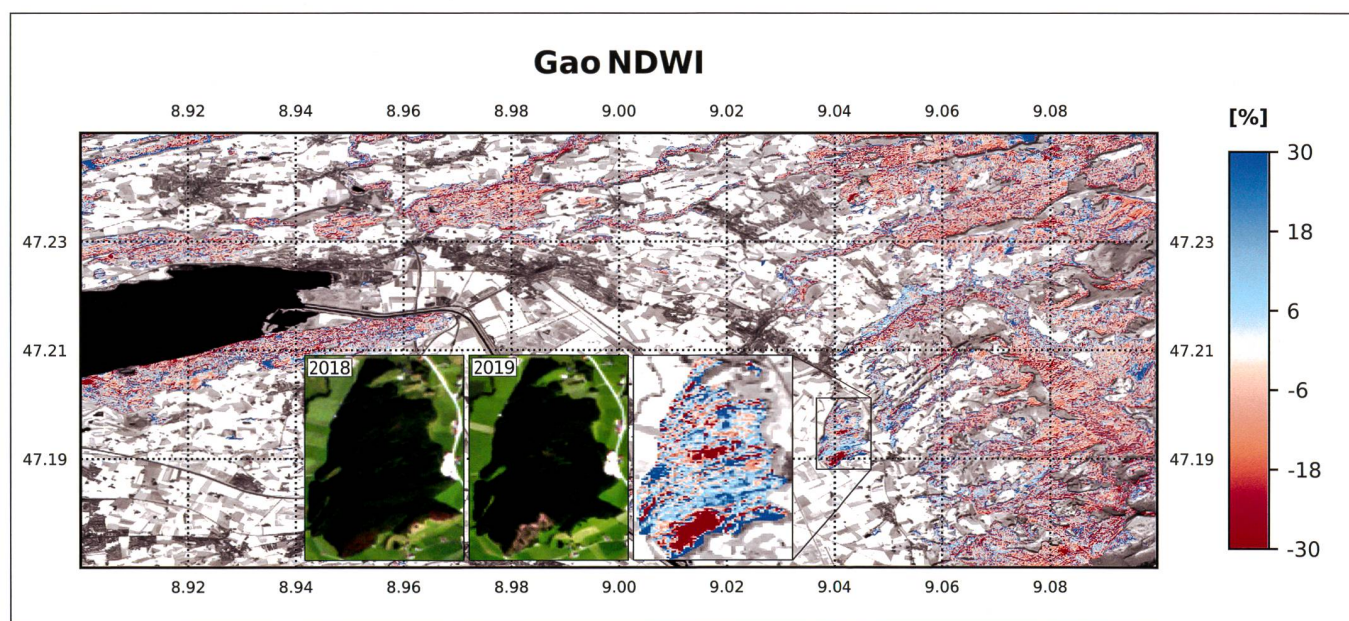


Abb. 4: Waldschäden in der Linthebene infolge der Dürre des Sommers 2018, erhoben mit Sentinel-2 Daten vom 28. August 2018 und 18. August 2019. Die Detailaufnahmen zeigen das Gasterholz in Echtfarben zu beiden Zeitpunkten und als Differenzbild. Die Farbskala zeigt die Differenzen in % zwischen den zwei Zeitpunkten: fortschreitende Waldschäden aufgrund teils komplexer Schadmechanismen (rot) und sich von der Dürre erholende Bestände (blau).



## Literatur:

- [1] V. Nouchi, T. Kutser, A. Wüest, B. Müller, D. Odermatt, T. Baracchini, D. Bouffard, Resolving biogeochemical processes in lakes using remote sensing, *Aquatic Sciences*. 81, 27 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00027-019-0626-3>
- [2] B. Schuldt, A. Buras, M. Arend, Y. Vitasse, C. Beierkuhnlein, A. Damm, M. Gharun, T.E.E. Grams, M. Hauck, P. Hajek, H. Hartmann, E. Hilbrunner, G. Hoch, M. Hollo-way-Phillips, C. Körner, E. Larysch, T. Lübbe, D.B. Nelson, A. Rammig, A. Rigling, L. Rose, N.K. Ruehr, K. Schumann, F. Weiser, C. Werner, T. Wohlgemuth, C.S. Zang, A. Kahmen, A first assessment of the impact of the extreme 2018 summer drought on Central European forests, *Basic and Applied Ecology*. 45 (2020) 86–103. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2020.04.003>.
- [3] C. Brockmann, R. Doerffer, M. Peters, K. Stelzer, S. Embacher, A.B. Ruescas, Evolution of the C2RCC Neural Network for Sentinel 2 and 3 for the Retrieval of Ocean Colour Products in Normal and Extreme Optically Complex Waters, in: *Proc. ESA Living Planet Symposium*, ESA/ESRIN, Prague, Czech Republic, 2016: p. 6.
- [4] F. Steinmetz, D. Ramon, Sentinel-2 MSI and Sentinel-3 OLCI consistent ocean colour products using POLYMER, *Proc. SPIE*. 10778 (2018). <https://doi.org/10.1117/12.2500232>.
- [5] C.E. Binding, J.H. Jerome, R.P. Bukata, W.G. Booty, Suspended particulate matter in Lake Erie derived from MODIS aquatic colour imagery, *International Journal of Remote Sensing*. 31 (2010) 5239 – 5255. <https://doi.org/10.1080/01431160903302973>.
- [6] M.W. Matthews, D. Odermatt, Improved algorithm for routine monitoring of cyanobacteria and eutrophication in inland and near-coastal waters, *Remote Sensing of Environment*. 156 (2015) 374–382. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.10.010>.
- [7] M. Main-Knorn, B. Pflug, J. Louis, V. Debaecker, U. Müller-Wilm, F. Gascon, Sen2Cor for Sentinel-2, *Proc. SPIE*. 10427 (2017). <https://doi.org/10.1117/12.2278218>.
- [8] B. Gao, NDWI – A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space, *Remote Sensing of Environment*. 58 (1996) 257–266. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3).

Daniel Odermatt

James Runnalls

Eawag, Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz

Überlandstrasse 133

CH-8600 Dübendorf

daniel.odermatt@eawag.ch

james.runnalls@eawag.ch

Joan Tracy Sturm

Alexander Damm

Geographisches Institut

Universität Zürich

Winterthurerstrasse 190

CH-8057 Zürich

joantracy.sturm@geo.uzh.ch

alexander.damm@geo.uzh.ch



KONTAKT

AKTUELL GEO-TYPEN PORTRAITS AUSBILDUNGSWEGE FACHCHINESISCH

## WÄHLE EINEN GEO-BERUF



### Film-Portraits

Hier findest Du interessante Portraits von Berufsleuten und Projekten.



### «FILM AB!» für den GEO-Beruf

Die Interviews mit Berufsleuten und diverse Praxisbeispiele zeigen, dass es viele verschiedene GEO-Berufstypen gibt.



### Ausbildungswege

Die GEO-Berufe sind vielfältig. Entsprechend gibt es auch verschiedene Ausbildungswege.